

Klaus Bethge  
Gertrud Walter  
Bernhard Wiedemann

# Kernphysik

Eine Einführung

3., aktualisierte und erweiterte Auflage

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kästen zur Vertiefung</b> .....	xix
<b>Glossar der Symbole</b> .....	xxi
<b>1. Einleitung</b> .....	1
1.1 Was ist Kernphysik? .....	1
1.2 Ziele der kernphysikalischen Forschung .....	2
1.3 Historischer Überblick .....	5
1.4 Begriffe und Nomenklatur .....	27
<b>2. Äußere Eigenschaften der Atomkerne</b> .....	33
2.1 Ladung der Atomkerne .....	33
2.2 Masse der Atomkerne .....	33
2.3 Größe, Ladungsverteilung, Massenverteilung .....	37
2.4 Übungen .....	45
<b>3. Innere Eigenschaften von Atomkernen</b> .....	47
3.1 Bindungsenergien – Tröpfchenmodell .....	47
3.2 Spins .....	52
3.3 Elektrische und magnetische Momente .....	57
3.3.1 Magnetisches Dipolmoment .....	59
3.3.2 Elektrisches Quadrupolmoment .....	64
3.3.3 Experimentelle Methoden .....	65
3.3.4 Die Spins und magnetischen Momente von Proton und Neutron .....	68
3.4 Parität .....	70
3.5 Anregungsenergien .....	71
3.6 Isospin .....	72
3.7 Übungen .....	74
<b>4. Kernmodelle</b> .....	77
4.1 Thomas-Fermi-Modell .....	78
4.2 Einzelteilchenmodell – Schalenmodell der Atomkerne .....	84
4.2.1 Einzelteilchenmodell in sphärischen Koordinaten ....	85

4.2.2	Einzelteilchenmodell in deformierten Potentialen . . . .	95
4.2.3	Teilchenkorrelationen . . . . .	95
4.3	Kollektive Kernmodelle . . . . .	100
4.3.1	Kernrotationen . . . . .	102
4.3.2	Kernvibrationen . . . . .	108
4.3.3	Kopplung von Einzelteilchen an die Kollektivbewegung	109
4.3.4	Riesenresonanzen . . . . .	109
4.4	Exotische Kerne . . . . .	111
4.5	Übungen . . . . .	114
<b>5.</b>	<b>Experimentelle Verfahren der Kernphysik . . . . .</b>	<b>117</b>
5.1	Energieverlust von Strahlung beim Durchgang durch Materie	117
5.1.1	Wechselwirkung geladener Teilchen . . . . .	118
5.1.2	Elektromagnetische Strahlung in Materie . . . . .	127
5.2	Messung kernphysikalischer Bestimmungsgrößen . . . . .	134
5.2.1	Impulsmessung . . . . .	135
5.2.2	Energiemessung . . . . .	140
5.2.3	Zeitmessung . . . . .	149
5.3	Detektorsysteme . . . . .	153
5.4	Beschleuniger . . . . .	156
5.4.1	Kaskadenbeschleuniger (Kaskadengenerator) . . . . .	156
5.4.2	Bandgenerator . . . . .	158
5.4.3	Zyklotron . . . . .	159
5.4.4	Synchrotron . . . . .	161
5.4.5	Linearbeschleuniger . . . . .	163
5.4.6	Hochfrequenz-Quadrupol-Beschleuniger (RFQ) . . . . .	165
5.5	Übungen . . . . .	166
<b>6.</b>	<b>Streuprozesse und Kernreaktionen . . . . .</b>	<b>169</b>
6.1	Erhaltungssätze . . . . .	169
6.2	Wirkungsquerschnitt . . . . .	175
6.3	Wechselwirkungen zwischen Atomkernen . . . . .	182
6.3.1	Streuprozesse . . . . .	183
6.3.2	Kernreaktionen . . . . .	192
6.3.3	Kernreaktionen bei hohen Energien . . . . .	213
6.4	Übungen . . . . .	218
<b>7.</b>	<b>Kernzerfälle – Radioaktivität . . . . .</b>	<b>221</b>
7.1	Radioaktives Zerfallsgesetz . . . . .	221
7.2	Alpha-Zerfall . . . . .	228
7.2.1	Protonen-Zerfall . . . . .	236
7.2.2	Cluster-Emission . . . . .	238
7.3	Kernspaltung . . . . .	239
7.4	Beta-Zerfall . . . . .	244
7.4.1	Phänomenologie des Beta-Zerfalls . . . . .	244

7.4.2	Systematik der Beta-Zerfälle .....	248
7.4.3	Fermi-Theorie des Beta-Zerfalls .....	250
7.4.4	Neutrinos .....	254
7.4.5	Beta-Zerfall in gebundene Zustände .....	259
7.4.6	Nichterhaltung der Parität im Beta-Zerfall .....	261
7.5	Gamma-Übergänge, Multipolstrahlung .....	267
7.5.1	Kernisomerie .....	271
7.5.2	Konversionsprozesse .....	272
7.6	Mößbauer-Effekt .....	273
7.7	Übungen .....	277
<b>8.</b>	<b>Kernkräfte .....</b>	<b>281</b>
8.1	Das Deuteron .....	281
8.2	Streuzustände .....	282
8.2.1	Streuzustände im Zwei-Nukleonensystem .....	282
8.2.2	Streuzustände zur Bestimmung der Spin-Bahn-Wechselwirkung .....	284
8.3	Das phänomenologische Kernpotential .....	285
8.4	Vom Quark zum Kern .....	289
8.5	Der Nukleonenspin .....	294
8.6	Übungen .....	297
<b>9.</b>	<b>Anwendungen der Kernphysik .....</b>	<b>299</b>
9.1	Kernenergie .....	299
9.1.1	Kernkraftwerke .....	300
9.1.2	Energiegewinnung aus Fusionsreaktionen .....	304
9.2	Astrophysik .....	310
9.2.1	Energieerzeugungszyklen in Sternen .....	311
9.2.2	Prozesse der Elemententstehung .....	313
9.3	Datierungen .....	315
9.4	Festkörperphysik und Materialforschung .....	318
9.4.1	Elementanalyse .....	318
9.4.2	Strukturanalyse .....	324
9.5	Medizin .....	326
9.5.1	Biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz .....	326
9.5.2	Szintigraphie .....	332
9.5.3	Tumorthherapie .....	335
9.5.4	Positronen-Emissionstomographie .....	341
9.5.5	Kernspin-Tomographie (MRT) .....	342
9.6	Übungen .....	349
<b>10.</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>351</b>
<b>A.</b>	<b>Physikalische Konstanten .....</b>	<b>355</b>

<b>B. Nützliche Internet-Adressen</b> .....	357
<b>C. Lösungen zu den Übungen</b> .....	361
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	383
Originalliteratur .....	383
Lehrbücher und weiterführende Literatur .....	394
<b>Sachverzeichnis</b> .....	397
<b>Farbige Nuklidtafel</b> .....	411
<b>Die schwersten Elemente und ihre Erzeugung</b> .....	412